

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD

Voditelj rada:

Dr.sc. Suzana Jakovljević

Frano Penava

Zagreb, 2014

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD

Frano Penava

Zagreb, 2014

IZJAVA

Izjavljujem da sam rad radio samostalno uz znanje stečeno tijekom studija te uz pomoć stručne literature.

Želio bih se zahvaliti svojoj mentorici dr.sc. Suzani Jakovljević na trudu i potpori.

SAŽETAK

Razvijanje prirodnih materijala u današnje vrijeme je postala glavna briga u modernom industrijskom svijetu. Kao posljedica, pretjeranog i nekontroliranog iskorištavanja prirodnih sirovina, nastala je potreba da se stvori održiva okolina i održive alternative na dosadašnji način razvoja i konstruiranja. U ovom radu je prikazana primjena tih prirodnih materijala u vozilima kao što su prirodna koža, drvo, vlakna i bambus te su se proučavala njihova svojstva i područja primjene. Detaljno su opisana svojstva i primjena bambusa te se pomoću skenirajućeg elektronskog mikroskopa provelo ispitivanje presjeka stabljike bambusa. Tim se ispitivanjem dobio uvid u raspodjelu vlakana i problematiku poroznosti.

SADRŽAJ

I	POPIS SLIKA	5
II	POPIS TABLICA	7
III	POPIS OZNAKA	8
1.	UVOD	9
2.	KLASIFIKACIJA VOZILA	11
I	Vozilo na motorni pogon	11
1.	Bicikl s motorom	11
2.	Motocikl	11
3.	Motorno vozilo	12
a)	Osobno vozilo	12
b)	Autobus	12
c)	Trolejbus	12
d)	Teretno vozilo	12
e)	Terensko vozilo	12
f)	Kombinirano vozilo	12
g)	Radno vozilo	13
h)	Specijalno vozilo	13
4.	Priključno vozilo	13
II	Zaprežno vozilo	14
III	Bicikl	14
3.	PRIRODNI MATERIJALI U VOZILIMA	15
A.	Koža	15
1)	Povijest primjene kože	16
2)	Vrste kože	16
a)	Anilinska	16
b)	Polu-anilinska	16
c)	Pigmentirana	17

3) Svojstva kože	17
4) Metode ispitivanja kože	19
5) Primjena kože	19
B. Drvo	20
1) Povijest primjene drva za vozila	20
2) Vrste drva koja se primjenjuju za vozila	21
a) Sapelli	21
b) Jatoba	21
c) Orah	22
d) Mahagonij	22
e) Brijest	22
f) Hrast	23
3) Svojstva drva	23
4) Primjena drva	25
C. Prirodna vlakna	28
1) Vrste biljnih vlakana	28
a) Lanena vlakna	28
b) Vlakna konoplje	29
c) Curaua vlakna	30
2) Svojstva biljnih vlakana	31
3) Primjena vlakana	32
D. Bambus	33
• Primjena bambusa na vozilima	33
4. PRIMJENA BAMBUSA PRI IZRADI BICIKLA	35
1) Povijest primjene	35
2) Vrste konstrukcijskog bambusa	36
a) Madake bambus	36
b) Tonkin bambus	37

c) Moso bambus	37
d) Crni bambus	37
3) Svojstva konstrukcijskih bambusa	38
4) Toplinska obrada	39
5) Prednosti i nedostaci uporabe bambusa pri izradi bicikla	40
5. ISPITIVANJE	41
1) Odabir uzorka	41
2) Priprema uzorka	41
3) Ispitivanje uzorka	42
6. ZAKLJUČAK	45
7. LITERATURA	46

I POPIS SLIKA

Slika 1. Motorno vozilo [5]

Slika 2. Karavan (kamper) vozilo [6]

Slika 3. Zaprežno vozilo [7]

Slika 4. Bicikl [8]

Slika 5. Primjena kože u autoindustriji [11]

Slika 6. Mikrografski prikaz strukture kože [14]

Slika 7. Drveni superauto Splinter [19]

Slika 8. Površina Sapellija[22]

Slika 9. Površina mahagonija [22]

Slika 10. Površina hrasta [22]

Slika 11. Poprečan presjek [22]

Slika 12. Radijalan presjek [22]

Slika 13. Tangencijalan presjek [22]

Slika 14. Parna kočija [24]

Slika 15. Drvena unutrašnjost i karoserija automobila [28]

Slika 16. Unutrašnjost karavan (kamper) vozila [29]

Slika 17. SEM prikaz lanenog vlakna [33]

Slika 18. Okvir bicikla od konoplje [34]

Slika 19. a) Curaua vlakna [35]

Slika 19. b) Povećana curaua vlakna [35]

Slika 20. Unutarnji panel vrata od vlakana [39]

Slika 21. Kola izrađena od bambusa [43]

Slika 22. Primjena bambusa za karoseriju vozila [44]

Slika 23. Bambulance [45]

Slika 24. Reklamni letak iz 19. stoljeća [46]

Slika 25. Bicikl izrađen od madake bambusa [49]

Slika 26. Presjek tonkinovog bambusa [50]

Slika 27. Crni bambus [51]

Slika 28. Autoklav [49]

Slika 29. Moso bambusov parket

Slika 30. EMITECH uređaj

Slika 31. Napareni uzorak

Slika 32. Presjek uzorka

Slika 33. Povećani presjek uzorka

II POPIS TABLICA

Tablica 1. Svojstva kože [16] [17]

Tablica 2. Svojstva drva [16]

Tablica 3. Svojstva vlakana [30]

Tablica 4. Svojstva bambusa [16]

III POPIS OZNAKA

A	%	Istezljivost
E	GPa	Modul elastičnosti
I	A	Jakost struje
σ_{dop}	MPa	Dopušteno naprezanje
σ_{dopL}	MPa	Dopušteno naprezanje u longitudinalnom smjeru vlakana
σ_{dopT}	MPa	Dopušteno naprezanje u transverzalnom smjeru vlakana
σ_{tl}	MPa	Tlačno naprezanje
σ_{tlL}	MPa	Tlačno naprezanje u longitudinalnom smjeru vlakana
σ_{tlT}	MPa	Tlačno naprezanje u transverzalnom smjeru vlakana
K_{IC}	MPa \sqrt{m}	Lomna žilavost
K_{ICL}	MPa \sqrt{m}	Lomna žilavost u longitudinalnom smjeru vlakana
K_{ICT}	MPa \sqrt{m}	Lomna žilavost u transverzalnom smjeru vlakana
p	Pa	Tlak
ρ	kg/m ³	Gustoća
T_m	°C	Temperatura taljenja

1. UVOD

Svladavanje udaljenosti je problem koji potječe od samog nastanka čovjeka. U samim počecima jedini način kretanja je bilo hodanje ili upotreba životinja. To se promijenilo izumom kotača oko 3500. godine prije Krista, započeti su počeci razvoja vozila na kotačima što je rezultiralo ubrzanim kretanjem po terenu. Ubrzo su kočije koje su koristile životinje za vuču postale glavno prijevozno sredstvo [1]. Pojava prvih cesta potječu još iz starog vijeka u Babilonu prije gotovo 5000 godina. Daljni razvoj cesta nastavili su Rimljani dok u srednjem vijeku dobar dio cesta se zapušta te se formiraju karavanski putevi. Tek u novom vijeku ceste ponovno dobivaju na značenju i to za kretanje zaprežnih vozila, a u novije vrijeme motornih vozila. Već je Roger Bacon u 13. stoljeću predviđao pojavu vozila na vlastiti pogon, dok je Leonardo da Vinci oko 1500. godine izradio i prve nacрте za samohodna kola. No daljni razvitak vozila sa samostalnim pogonom tek je bio moguć izumom parnog stroja. Francuz Cugnot je 1769. godine konstruirao prvi automobil na parni pogon koji su bili glomazni i tehnički nedorečeni te nisu imali veći uspjeh zbog jakog konkurenta željeznice, koji se pokazao boljim oblikom prometa. Cestovna vozila su riješila probleme pogona pronalaskom motora s unutarnjim izgaranjem Lenoir je 1860. godine konstruirao dvotaktni motor, a Otto je 1867. godine konstruirao četverotaktni motor što se smatra pretečom današnjih automobila. Od izuma motora s unutarnjim izgaranjem započeo je nagli rast cestovnog prometa i industrije. U početku su automobili bili teško prihvaćani, ali zbog niza prednosti izborili su svoje mjesto kao jedan od glavnih prijevoznih sredstava. Na kraju prvog svjetskog rata u svijetu je bilo više od 10,5 milijuna vozila, dok je 1939. godine zabilježeno 43 milijuna vozila. Poslije drugog svjetskog rata počinje još brža proizvodnja cestovnih vozila, pa ih je 1967. godine zabilježeno 204 milijuna. Proizvodnja cestovnih vozila eksponencijalno raste te je 1991. godine zabilježeno više od 590 milijuna. Industrijalizacija je konstantno rasla te nakon Velike depresije i Drugog svjetskog rata u svijetu je došlo do velikog rasta i povećanje populacije bilo je to tzv. „Zlatno doba kapitalizma“. Tehnološke inovacije kao što su razni polimeri, sintetičke kemikalije, nuklearna energija te fosilna goriva nastavili su formirati društvo. Tijekom tih godina osim broja proizvedenih vozila, rasla je i efikasnost i kvaliteta tih vozila. Razvijala su se vozila, uglavnom od čelika, koja su dostizala veće brzine što je imalo za posljedicu veću potrošnju energenata tj. nafte i benzina. Koliko je svijet je postao ovisan o neobnovljivim resursima pokazale su energetske krize 1973. i 1979. godine [2]. Počinje se shvaćati problematika neobnovljivih izvora energije te se ponovno pojavljuje zaboravljen

pojam ekologija. Ekološko zagađenje industrije, ispuštanje CO₂ u atmosferu, ograničenost fosilnih goriva naveli su na zaključak da je takav sustav neodrživ. Počela su se tražiti alternativna rješenja, ekološki problemi do kraja dvadesetog stoljeća poprimili su globalne razmjere. To su počeci „Zelene revolucije“ [3], razvijaju se ekološki prihvatljivije tehnologije, usmjerava se na smanjenje potrošnje energenata i očuvanje prirode. U današnjem svijetu gdje prevladava ubrzani ritam života, populacija eksplicitno raste pa se svakodnevno povećava potreba za upotrebom prijevoznih sredstava. „Zelena revolucija“ je pokret koji daje rješenje za smanjenje ovisnosti o neobnovljivim izvorima i za smanjenje ekološkog zagađenja okoliša, a nastoji se potpuno okrenuti obnovljivim izvorima energije te potiče čovjekov povratak prirodi. Time se i uvelike ubrzao razvoj prirodnih materijala kako bi zamijenili skuplje i ekološki neprihvatljive materijale. Tako se u industriji vozila razvijaju materijali koji bi smanjili zagađenje tijekom proizvodnje materijala te koji bi smanjili masu vozila i time reducirali potrošnju fosilnih goriva.

2. KLASIFIKACIJA VOZILA

Prema [4] vozilo je svako prijevozno sredstvo namijenjeno za kretanje po putu, osim kolica za invalide bez motora i dječjih prijevoznih sredstava. Na slici 1. Prikazano je motorno vozilo.



Slika 1. Motorno vozilo [5]

I. Vozilo na motorni pogon

Vozilo na motorni pogon je svako vozilo koje se pokreće snagom vlastitog motora, osim vozila koja se gibaju po tračnicama. Vozilo na motorni pogon može biti:

1. Bicikl s motorom

Bicikl s motorom je vozilo na motorni pogon sa dva ili tri kotača, čija radna zapremnina motora nije veća od 50cm^3 i koje na ravnom putu ne može doseći brzinu veću od 50 km/h

2. Motocikl

Motocikl je motorno vozilo sa dva kotača, sa bočnom prikolicom ili bez nje, kao i motorno vozilo na tri kotača (ako njegova masa nije veća od 400kg)

3. Motorno vozilo

Motorno vozilo je takvo vozilo na motorni pogon koje je prvenstveno namijenjeno za prijevoz osoba i stvari ili koje služe za vuču priključnih vozila namijenjenih za prijevoz osoba i stvari.

a) Osobno vozilo

Osobno vozilo je motorno vozilo namijenjeno za prijevoz osoba koje, pored sjedišta za vozača ima najviše osam sjedišta. Osobna vozila mogu biti otvorenog tipa (kupe, limuzina, sportsko vozilo, višenamjensko otvoreno vozilo) i zatvorenog tipa (kupe, limuzina, karavan, produžena limuzina, višenamjensko zatvoreno osobno vozilo, specijalno zatvoreno osobno vozilo).

b) Autobus

Autobus je motorno vozilo namijenjeno za prijevoz osoba koje, pored sjedišta za vozača, ima više od osam sjedišta. Autobus može biti obični autobus i zglobni autobus.

c) Trolejbus

Trolejbus je motorno vozilo namijenjeno za prijevoz osoba koje, pored sjedišta za vozača, ima više od osam sjedišta i koje je, zbog napajanja motora električnom energijom, vezano za električni provodnik. Trolejbus može biti obični trolejbus i zglobni trolejbus.

d) Teretno vozilo

Teretno vozilo je svako motorno vozilo koje je namijenjeno za prijevoz stvari ili da vuče poluprikolicu.

e) Terensko vozilo

Terensko vozilo je svako motorno vozilo prvenstveno namijenjeno za kretanje van puteva.

f) Kombinirano vozilo

Kombinirano vozilo je motorno vozilo namijenjeno za istovremeni prijevoz osoba i stvari, ako njegova vlastita masa ne prelazi 2.040 kg i ako vozilo ima stalni čvrsti krov, prostor iza sjedišta vozača, razmak između najizbočenijeg zadnjeg dijela kotača upravljača i naslona za leđa poprečnog reda sjedišta ili ako ima više redova takvih sjedišta ne smije biti manji od jedne trećine razmaka najizbočenijeg zadnjeg dijela kotača i najudaljenije

zadnje točke poda vozila.

g) Radno vozilo

Radno vozilo je svako motorno vozilo čija osnovna namjena je izvršavanje nekog korisnog rada. Pod radna vozila spadaju traktori, autodizalice, autoradionice, reklamna vozila, vatrogasna vozila, komunalna vozila i ostala radna vozila.

h) Specijalno vozilo

Specijalno vozilo je vozilo za posebnu namjenu, kao što je ambulantno vozilo, blindirano vozilo, vozilo za hendikepirane osobe, pogrebno vozilo, karavan (kamper) vozilo. Na slici 2 prikazan karavan (kamper) vozilo.



Slika 2. Karavan (kamper) vozilo [6]

4. Priključno vozilo

Priključno vozilo je vozilo namijenjeno da ga vuče vozilo na motorni pogon.

Priključno vozilo može biti laka prikolica (čija masa nije veća od 750 kg), prikolica, prikolica s centralnom osovinom i poluprikolica.

II. Zaprežno vozilo

Zaprežno vozilo je vozilo koje vuče upregnuta životinja. Na slici 3 prikazana zaprega.



Slika 3. Zaprežno vozilo [7]

III. Bicikl

Bicikl je vozilo koje ima najmanje dva kotača i koje se pokreće isključivo snagom vozača. Na slici 4 prikazan bicikl.



Slika 4. Bicikl [8]

3. PRIRODNI MATERIJALI U VOZILIMA

Pri izradi vozila prirodne sirovine željezne rude, magnezijeve rude, boksit, mangan, krom, silicij, nafta, paladij, rodij, zlato, bakar, lateks i litij se prerađuju te se koriste za proizvode i dijelove vozila. Okvir vozila sastoji se od raznih metala među kojima je čelik, mangan, krom, aluminij. Bakar se koristi za električne žice, paladij i rodij za katalizatore, stakla su napravljena od više slojeva SiC te međuslojem polivinil butirala, polimeri se koriste za razne dijelove unutrašnjosti kao što je instrument ploča vozila te za branike, elastomeri se koristi za razna crijeva te za gume, litij za baterije kod električnih vozila [9].

Međutim, sirovine kao što su koža, drvo, vlakna i bambus se koriste kao prirodni materijali.

A. Koža

Koža, kao materijal, nastaje manjim ili većim izmjenama na vlaknastoj strukturi životinjske kože ili krzna uz toplinsku obradu radi produljenja vijeka trajanja. Za izradu materijala također se primjenjuje koža i krzna koji su rastavljeni u slojeve ili dijelove, prije ili tijekom prerade kože. Dlaka ili vuna se može, ali ne mora ukloniti. Koža je jako jednostavan materijal koji se sastoji od tri glavna sastojka, a to su voda (60-65%), bjelančevine (25-30%) i masti (5-10%). U današnje vrijeme koža se najčešće dobije kao sporedni proizvod uzgoja goveda i ovaca za meso, vunu i mlijeko. Vrijednost goveđe i ovčje kože je 5-10% vrijednosti životinje[10]. Koža, kao obnovljivi prirodni materijal, pomaže očuvanju okoliša jer da se koža ne koristi, trebala bi biti zamjenjena sintetskim materijalima koji nastaju iz neobnovljivih sirovina. Na slici 5 prikaz primjene kože u autoindustriji.



Slika 5. Primjena kože u autoindustriji [11]

1) Povijest primjene kože

Počeci primjene kože potječu od vremena primitivnog čovjeka. Shvatio je, loveći životinje za hranu, da može iskoristiti krzno sa životinje za izradu šatora, odjeće i obuće. U prošlosti prijevoznih sredstava kod izrade kočija i zaprega, koža se prvenstveno koristila za izradu redina, povodaca i naočnjaka, a kasnije se počela primjenjivati u dekorativne svrhe. Rastom industrijalizacije u 18. i 19. stoljeću povećavala se potražnja za kožom, a izumom motora sa unutarnjim izgaranjem, počela je i primjena kože kod motornih vozila [12].

2) Vrste kože

Koža je uglavnom goveđeg, kozjeg, ovčjeg i svinjskog porijekla . Osnovna podjela kože je na tri kategorije, a to su anilinska, polu-anilinska i pigmentirana[13].

a) Anilinska

Anilinska koža je koža koja ima najprirodniji izgled sa jedinstvenim karakteristikama površine. Anilinska koža obojena je samo s bojom i nema površinske prevlake polimera ni pigmenata. Može imati tanku površinsku prevlaku da bi se poboljšao izgled i blagu zaštitu od rasipanja i zaprljanja. Ima vidljiv raspored zrna koji ovisi o vrsti životinje. Najveći nedostatak anilinske kože je osjetljivost na zaprljanje.

b) Polu-anilinska

Polu-anilinska koža je prijelazni oblik iz anilinske u pigmentiranu jer ima tanku površinsku prevlaku. S obzirom da ima tanku prevlaku, koja sadrži malu količinu pigmenta, izdržljivija je od anilinske uz zadržavanje prirodnog izgleda. To osigurava dosljednu boju te daje otpornost na zaprljanje. Manje su vidljivi nabori zbog djelomičnog ispunjenja površinskom prevlakom, a površina izgleda kao da je prevučena tankim slojem boje.

c) Pigmentirana

Pigmentirana koža je najizdržljivija koža koja je prevučena polimernom prevlakom. Zbog primjene polimerne površinske prevlake koža ima manje prirodan izgled, ali se mogu lakše kontrolirati svojstva kao što su otpornost na trošenje i promjena boje. Debljina površinske prevlake se mijenja, ali sloj ne smije biti deblji od 0,15 mm u protivnom ne spada pod kategoriju kože.

Na slici 6 prikazan mikrografski prikaz strukture kože.



Slika 6. Mikrografski prikaz strukture kože [14]

3) Svojstva kože

Čimbenici kao što su naprezanje, svjetlo, UV zračenje, vlaga i temperatura mogu negativno utjecati na mehanička svojstva. Promjene kože ovise o stupnju opterećenja pa se prikladnim modificiranjem mogu poboljšati svojstva kao što su otpornost na trošenje i otpornost na abraziju.

Promjena boje kože je posljedica izlaganja svjetlosti i UV zračenju. Međutim, odabirom prikladne metode prerade kože, korištenjem bojila i polimera s visokom otpornosti na svjetlosti mogu se smanjiti promjene boje površine kože. Poseban negativan utjecaj na kožu imaju temperatura i vlaga. Dolazi do stezanja kože posebno na mjestima gdje temperatura doseže više od 100°C, kao na primjer kod instrument ploče automobila. Koža može postati krhka i može doći do pucanja. Ključna je interakcija između topline i vlage. Dolazi do promjena fizikalnih svojstava uslijed istovremenog utjecaja topline i vlage. Ovisno o načinu prerade kože može doći do skrućivanja kože te može doći do promjene boje. Zbog navedenih utjecaja jako je teško točno odrediti proces starenja kože [15]. Tijekom prerade koriste se različite tehnologije kako bi se osigurala idealna svojstva za namjenjenu primjenu. Na tablici 1 prikazana su svojstva kože.

Tablica 1. Svojstva kože [16] [17]

Svojstva materijala	Iznos
Gustoća, ρ	810 - 1050 [kg/m ³]
Temperatura taljenja, T_m	102 - 127 [°C]
Modul elastičnosti, E	0,1 - 0,5 [GPa]
Dopušteno naprezanje, σ_{dop}	5 - 10 [MPa]
Tlačna čvrstoća, σ_{tl}	20 - 26 [MPa]
Lomna žilavost, K_{IC}	3 - 5 [MPa $\sqrt{\text{m}}$]
Istezljivost, A	15 – 37 [%]
Otpornost na zapaljivost	Loša
Otpornost na vodu	Dobra
Otpornost na slanu vodu	Dobra
Otpornost na UV zračenje	Dobra
Otpornost na trošenje	Dobra

4) Metode ispitivanja kože

Najvažnije metode ispitivanja svojstava kože prema [15], najvažnije metode su:

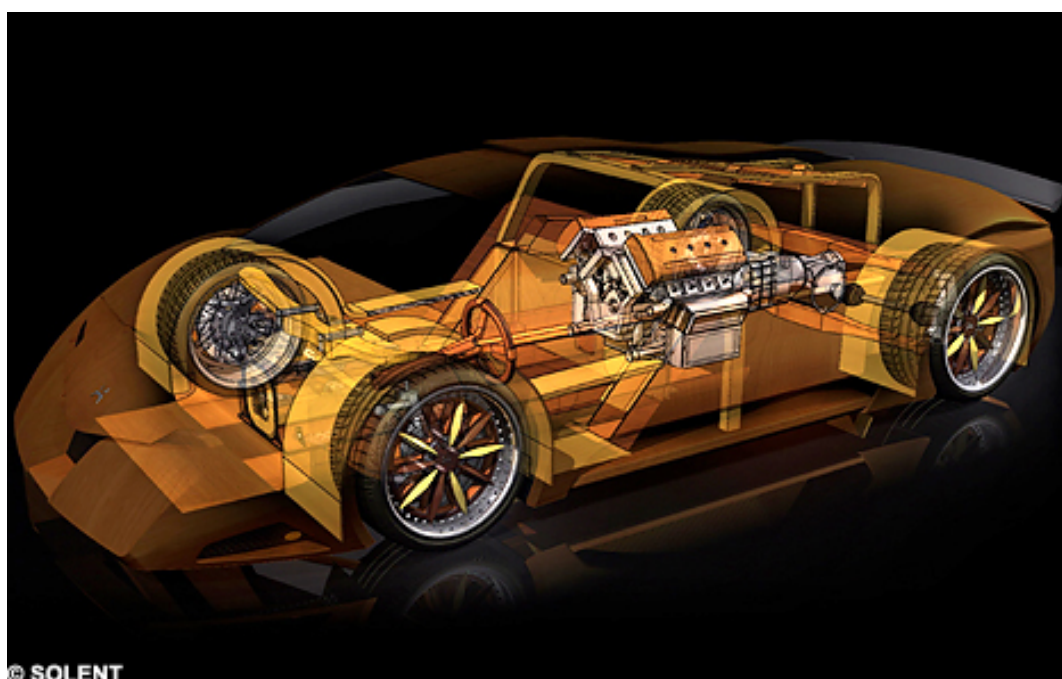
- Metoda „Toplina/svijetlo starenje“ DIN 75 202-2 je metoda koju je izumio Njemački odbor za standarde za motorna vozila i poznata je pod imenom FAKRA ispitivanje. Ovim standardom se određuje otpornost boje i svojstva starenja obojenog ili otisnutog organskog materijala pri istovremenom izlaganju umjetnom svjetlu i temperaturi 100°C.
- Metoda DIN 75 202-3A je varijanta u kojoj se uzorak izlaže do četiri puta više na umjetnom svjetlu nego u kod metode DIN 75 202-2 da bi se simulirali ekstremni uvjeti. U mnogo slučajeva uzorci su naknadno podvrgnuti fizikalnom testiranju kao što je metoda Bally savijanja i otpornosti trošenju.
- Metoda „Otpornost hidrolizi“ prema DIN 53 3443, pomoću nje se određuje otpornost kože i prevlaka na vlagu. Uzorak se izlaže temperaturi 50°C i vlažnosti 95% te se promatraju nastale promjene nakon prvog, drugog, trećeg i četvrtog tjedna.

5) Primjena kože

Koža kao visoko kvalitetni materijal koristi se za unutrašnjost vozila, prvenstveno u dekorativne svrhe. Kod motornih vozila najviše se primjenjuje za oblaganje sjedala te instrument ploče. Kod zaprežnih vozila koristi se za izradu redina, povodaca i naočnjaka, dok se kod bicikla koža primjenjuje za izradu sjedala.

B. Drvo

Drvo je prirodni konstrukcijski materijal koji se primjenjuje u neobrađenom ili mehanički obrađenom stanju. Drvo se može preraditi kemijskim procesima kao što su ekstrakcija, suha destilacija, koksiranje te hidroliza. Drvo je najrašireniji i najiskorišteniji prirodni materijal i smješta se pod „pametne“ materijale [18]. Djelovanjem okolinah uvjeta mogu mijenjati svoju mikrostrukturu i svojstva, tj. drvo je sposobno samostalno ojačati pod djelovanjem mehaničkog opterećenja ili može se regenerirati ako dođe do oštećenja. Na slici 7 prikaz upotrebe drva kao konstrukcijskog materijala.



Slika 7. Drveni superauto Splinter [19]

1) Povijest primjene drva za vozila

Čovjek je oduvijek bio blisko vezan za drvo. Samim izumom kotača počela je primjena drveta za prijevozna sredstva. Od drveta su se izrađivali i kotač i kočija. Dolaskom industrijalizacije drvo se i dalje koristi kao glavni materijal za izradu prijevoznih sredstava.

Pojavom motornih vozila drvo je imalo veliku ulogu pri izradi vozila, izrađivali su se dijelovi kotača, karoserija, unutrašnjost, sve dok kasnije nije zamijenjeno čelikom i drugim metalima. Tek u posljednje vrijeme ponovno je vraća interes za povećanom uporabom drva.

2) Vrste drva koja se primjenjuju za vozila

Razlikuju se dvije temeljne vrste drva lišćari (drvo bjelogorice) i četinari (drvo crnogorice). Raznim načinima obrade i odabirom drveta dobijemo željena svojstva[20]. Vrste drva koje se najčešće upotrebljavaju su [21] [22]:

- a) Sapelli – *Entandrophragma cylindricum*- Raširen na području tropskih šuma zapadne, srednje i istočne Afrike. Crvenkasto-smeđe je boje, sjajno je i fino. Srednje se steže pri sušenju, srednje je tvrdo i čvrsto. Ima visoku čvrstoću na tlak, elastično je i otporno na trošenje. Tvrdoća iznosi 3,7 HB, dok je gustoća 750 kg/m^3 . Koristi se za izradu unutrašnjosti vozila, kao što je instrument ploča, upravljač i unutarnji dio vrata vozila, uglavnom u dekorativne svrhe. Površina sapellija prikazana na slici 8.



Slika 8. Površina Sapellija [22]

- b) Jatoba – *Hymenaea Corubari*- Poznatija kao brazilska trešnja, raširena u tropskom pojasu Srednje i Južne Amerike. Svjetlocrvene je boje. Drvo je sjajno i fino do grubog na dodir. Vrlo je tvrdo i čvrsto drvo, izrazito elastično i otporno na trošenje. Otporan je na mikroorganizme, a pri sušenju se srednje steže. Gustoća brazilske trešnje je 890 kg/m^3 , a tvrdoća je 4,4 HB. Koristi se za unutrašnjosti vozila, kao što je

instrument ploča, oblaganje unutarnjeg dijela vrata vozila te namještaj kamper vozila, uglavnom u dekorativne svrhe.

- c) Orah – Juglas Regia- Porijeklo oraha je Europa. Drvo oraha je vrlo kvalitetno i skupocjeno. Boje mogu varirati između sivo-smeđe i crveno-smeđe boje, Orah je tvrdo i čvrsto drvo s finom teksturom, nakon što se osuši ne mijenja se. Gustoća mu je 660 kg/m^3 , a tvrdoća 3,5 HB. Orah se koristi pri izradi karoserije osobnih automobila, instrumentalnih ploča, trupa kočija, kotača.
- d) Mahagonij – Swietenia Macrophylla- Mahagonij ima slabu elastičnost i srednju otpornost na lom. Ima nisku gustoću, lošu udarnu žilavost, ali je trajan i otporan je na truljenje. Koristi se za izradu unutrašnjosti automobila u dekorativne svrhe, za oblaganje unutarnjeg dijela vrata, izradu instrument ploče te oblaganje mjenjača i upravljača vozila. Na slici 9 prikazana površina mahagonija.



Slika 9. Površina mahagonija [22]

- e) Brijest- Ulmus Carpinifolia- Brijest se može pronaći u srednjoj i južnoj Europi, sjevernoj Africi i zapadnoj Aziji. Brijestovina je porozna vrsta drveta obojenog središta. Drvo je srednje tvrdo i srednje čvrsto, jako se steže pri sušenju, elastično je i žilavo. Nije otporan na vremenske uvjete. Koristi se za izradu unutrašnjosti automobila u dekorativne svrhe, za oblaganje unutarnjeg dijela vrata, izradu instrument ploče vozila te za dijelove zaprežnih vozila.

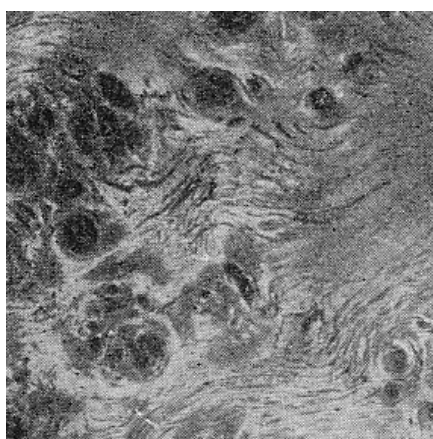
- f) Hrast – *Quercus ilex*- Raširen je po Europi, sjevernoj Africi i zapadnoj Aziji. Hrast je dugotrajno i tvrdo drvo, ali i teško obradivo. Jako je elastičan i čvrst te ima dobru otpornost na trošenje. Gustoća hrasta je 780 kg/m^3 , a tvrdoća je 3,7 HB. Koristi se za karoseriju motornih vozila, izradu zaprežnih vozila te za dijelove priključnih vozila. Na slici 10 prikazana površina hrasta.



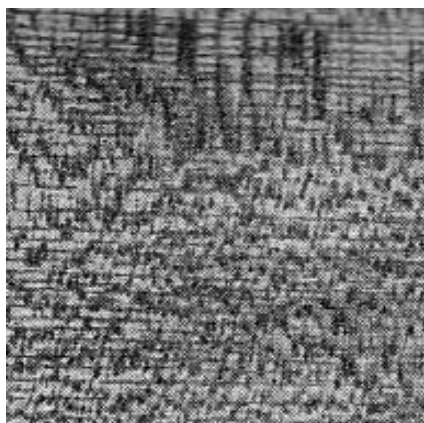
Slika 10. Površina hrasta [22]

3) Svojstva drva

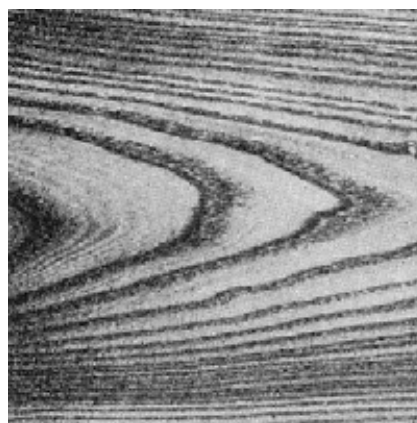
Drvo po svojoj građi nije homogeno. To se može ustvrditi i makroskopskim promatranjem na presjeku stabla. Presjek stabla može biti poprečan (okomit na dulju os stabla), radijalan (po duljoj osi i promjeru) i tangencijalan (paralelan s duljom osi). Na slici 11 prikazan je poprečan presjek, na slici 12 prikazan je radijalan presjek dok je na slici 13 prikazan tangencijalan presjek [22].



Slika 11. Poprečan presjek [22]



Slika 12. Radijalan presjek [22]



Slika 13. Tangencijalan presjek [22]

Drvo se pretežno sastoji od celuloze, lignina i smola te ima vlaknastu strukturu. Glavni elementi od kojih čine sastav drveta su ugljik 50%, kisik 43.5%, vodik 6%, dušik 0.2%.

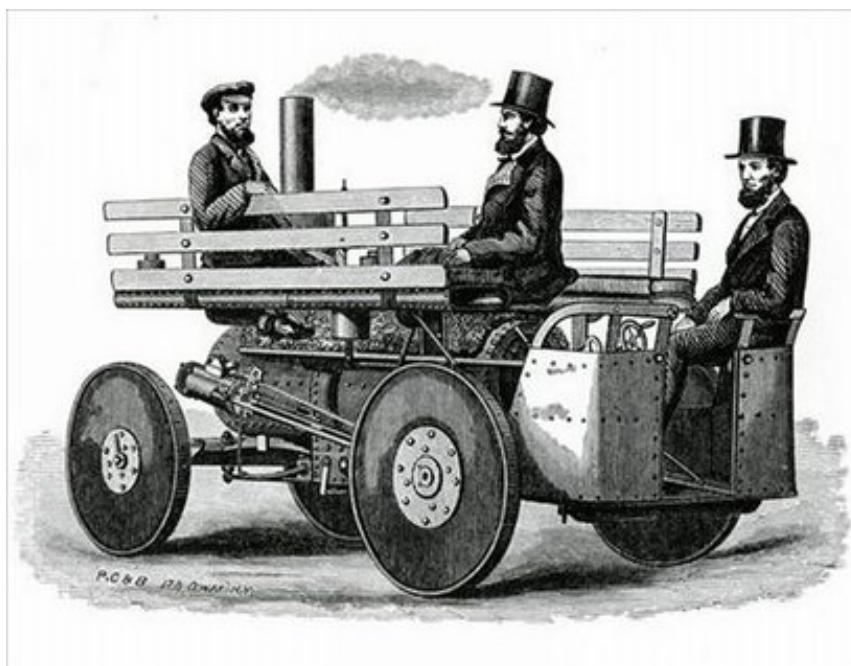
Osnovno svojstvo drva je gustoća, a zatim čvrstoća. Čvrstoća ovisi o smjeru vlakana. Pri opterećenju u smjeru vlakana postiže se najviša, a okomito na smjer vlakana najniža vrijednost vlačne čvrstoće. Čvrstoća drva ovisi i o sadržaju vlage. Vлага djeluje na drvo tako da se u vlažnoj okolini drvo širi, a u suhoj skuplja. Ako je izloženo konstantnim uvjetima okoline, drvo može biti dugotrajno. Vлага i izmjena suhe i vlažne okoline dovode do truljenja drva. Veliki nedostatak drva je zapaljivost, koja se može smanjiti raznim premazima. Svojstva se mogu poboljšati rezanjem na tanke ploče (furnire) te njihovim sljepljivanjem. Ako se slažu istosmjerno dobiva se drvo s dobrim svojstvima u smjeru vlakana, a ako se slažu pod 90° ili pod 45° postižu se jednolična svojstva neovisna o smjeru. Drvo je slab provodnik topline i elektriciteta te dobar je zvučni izolator [23]. Na tablici 2 prikazana su svojstva drveta.

Tablica 2. Svojstva drveta [16]

Svojstva materijala	Iznos
Gustoća, ρ	600 - 800 [kg/m ³]
Temperatura taljenja, T_m	77 - 102 [°C]
Modul elastičnosti, E_L	6 - 20 [GPa]
Modul elastičnosti, E_T	0,5 - 3 [GPa]
Dopušteno naprezanje, σ_{dopL}	30 - 70 [MPa]
Dopušteno naprezanje, σ_{dopT}	2 - 6 [MPa]
Tlačna čvrstoća, σ_{tLL}	60 - 100 [MPa]
Tlačna čvrstoća, σ_{tLT}	4 - 9 [MPa]
Lomna žilavost, K_{ICL}	5 - 9 [MPa√m]
Lomna žilavost, K_{ICT}	0,5 - 0,8 [MPa√m]
Otpornost na zapaljivost	Loša
Otpornost na vodu	Prosječna
Otpornost na slanu vodu	Prosječna
Otpornost na UV zračenje	Dobra
Otpornost na trošenje	Loša

4) Primjena drva

Drvo kao materijal se, zbog svojim raznolikih svojstava, kod vozila može koristiti za razne svrhe, od konstrukcijske i izolacijske do dekorativne svrhe. Prednost je što puno manje energije zahtjeva za proizvodnju nego metali i polimeri, a obnovljivi je konstrukcijski materijal. Primjenjuje se za izradu zaprežnih vozila, priključnih vozila, motornih vozila i bicikla. Kod zaprežnih vozila najveći udio materijala je drvo, vrsta drva koja se primjenjuje ovisi o zahtjevima. Kod priključnih vozila mogu se izrađivati sanduk i bočne stranice. Na slici 14 prikazana je parna kočija.



Slika 14. Parna kočija [24]

Drvo se koristi kod motornih vozila za široku primjenu. U počecima motornih vozila unutrašnjosti i karoserija su bili drveni, tijekom stoljeća metali i polimeri su zamjenili drvo u izradi karoserije [25]. Potaknuti ekološkim problem današnjice, a i ekonomskim drvene karoserije se ponovno vraćaju u autoindustriju. Tvrtka Joe Hamon Design konstruirala je automobil Splinter sa najvećim udjelom drva, automobil je prikazan na slici 7. Renault je najavio plan da u sljedećih pet do šest godina namjeravaju zamjeniti 10% polimernih dijelova karoserije sa drvenim. Osim primjena na karoseriji, drvo se kod motornih vozila primjenjuje za izradu instrument ploča, upravljača, mjenjača, unutarnjeg dijela vrata [26]. Primjena drva kod automobila prikazana na slici 15. Kod izrade unutrašnjosti karavan (kamper) vozila se uvelike upotrebljava drvo, prvenstveno za izradu namještaja. Unutrašnjost kamper vozila prikazana na slici 16. Prvi bicikli su bili izrađeni primjenom drveta, ali u današnje vrijeme to nije učestalo primjenjivano [27].



Slika 15. Drvena unutrašnjost i karoserija automobila [28]



Slika 16. Unutrašnjost karavan (kamper) vozila [29]

C. Prirodna vlakna

Prirodna vlakna se jako dugo koriste kao materijal. U posljednje vrijeme, zbog ekonomski i ekološki razloga, autoindustrija pokazuje sve veće zanimanje za primjenom prirodnih biljnih vlakana kao što su lanena, agave, jute, konoplje i curaua da zamjene staklena vlakna [32]. Zanimljiva je i izvedba ugrađivanja vlakana u matrice od biomase. Prednosti biljnih vlakana nad staklenim su niža cijena biljnih vlakana (od 25 - 50 %), drastično sniženje mase, niža gustoća, dobri su zvučni izolatori, dobri toplinski izolatori, lakše se režu, ne utječu negativno na zdravlje za razliku od staklenih vlakana, lako su dostupna, proizvodnja zahtjeva četiri puta manje energije nego proizvodnja za istu masu staklenih vlakana, lako se kompostiraju [18].

Najveći nedostatak prirodnih vlakana je nejednolikost kvalitete koja ovisi o apsorpciji vlage i uvjetima uzgoja, zatim ograničena je upotreba zbog niže maksimalne temperature prerade te imaju nižu prekidna čvrstoća od staklenih vlakana. Također, problem biljnih vlakana je upijanje vode pa dolazi do bubrenja matrice [30].

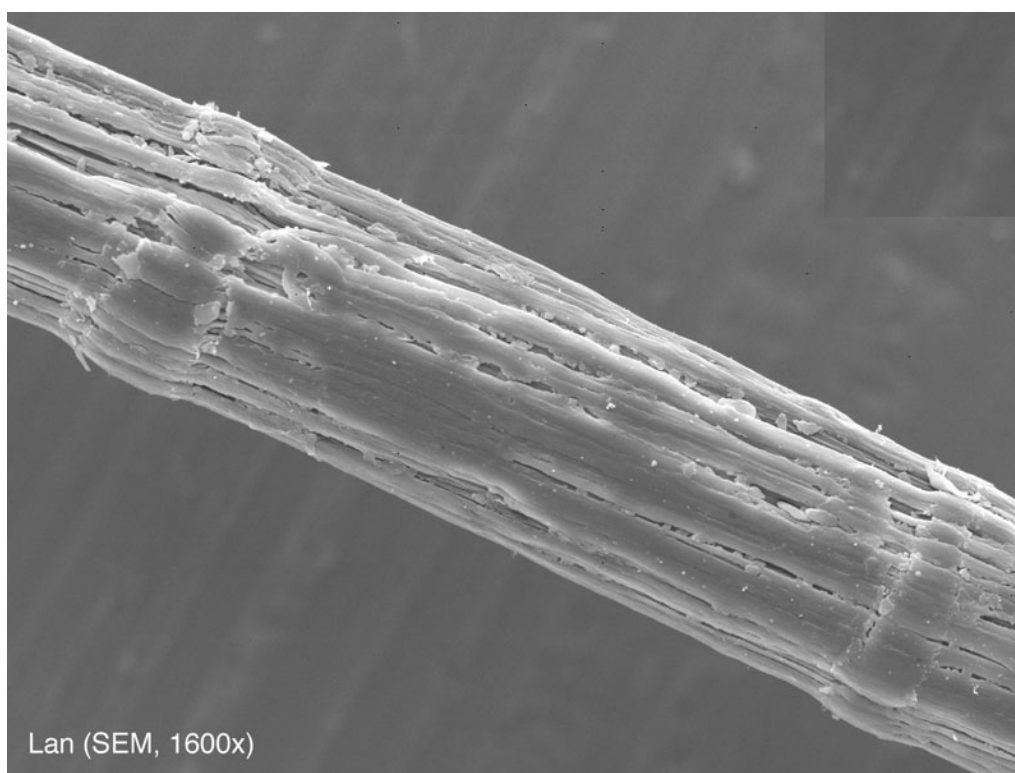
1) Vrste biljnih vlakana

a) Lanena vlakna

Lanena vlakna se već dugo koriste kao materijal u tekstilnoj industriji, iako ima dobra svojstva potisnuta su od strane lakše obradivih materijala. Tek se u posljednje vrijeme povećala potražnja za lanenim vlaknima najviše u autoindustriji.

Lanena vlakna se dobivaju od biljaka koje rastu u umjerenoj klimi. Za izradu vlakana pogodan je samo središnji dio stabljike i dobivaju se čvrsta i fleksibilna vlakna sa slabim istezanjem pri naprezanju. Ova vlakna su za manja istezanja elastična. Sastoji se od celuloze (70 - 75 %), hemiceluloze (15%), pektinske tvari (10-15 %), lignina (2 %) i voska (2 %). Iznad 200°C dolazi do raspada vlakana. Lanena vlakna su postojana na razrijeđene slabe kiseline, i lužnate otopine, ali ne podnose vruće razrijeđene kiseline, hladne koncentrirane kiseline, a na suncu s vremenom gube čvrstoću.

Proizvodnja je komplicirana zbog zahtjevanja ljudskog rada pa su time skuplja vlakna. Koriste se na mjestima gdje su slaba do srednja opterećenja. Pogodna su za izradu unutrašnjih dijelova vozila kao zamjena za staklena vlakna. U posljednje vrijeme se ulaže u istraživanja za primjenu kompozita ojačanih lanenim vlaknima u eksterijeru (vanjskim djelovima vozila) automobila [30]. Na slici 17 je prikazano laneno vlakno promatrano na SEM uređaju.



Slika 17. SEM prikaz lanenog vlakna [33]

b) Vlakna konoplje

Konoplja, koja je često podcjenjena kao materijal, zanimljiva je jer za rast ne zahtjeva ništa ili jako malo herbicida, pesticida, fungicida i gnojiva. Brzo raste, čime suzbija rast korova i korisna je jer obnavlja mineralni sastav tla. Ovisno o vrsti može se, za dobivanje vlakana, iskoristiti 28 - 46 % biljke. Vlakna su postojana na vodu, a mogu dosegnuti duljinu do 55 mm te imaju dobru prekidnu čvrstoću. Grublja su od lanenih, ali su i čvršća za 20 % uz malo prekidno istezanje. Kod motornih vozila se primjenjuju za izradu

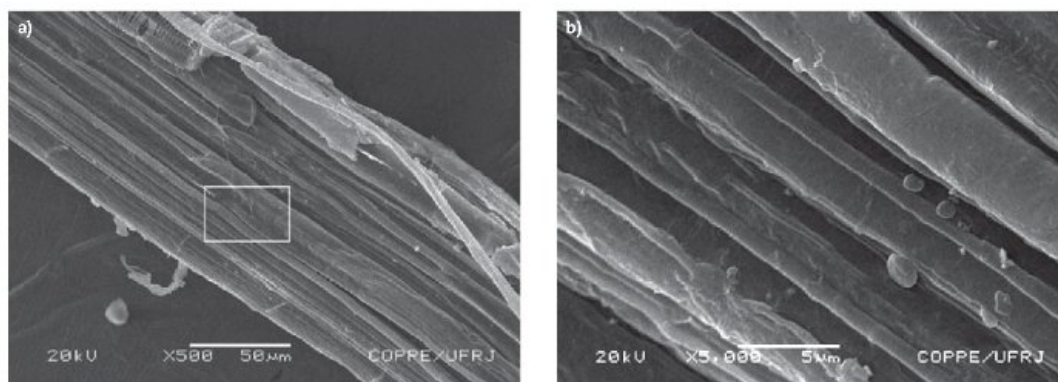
navlaka, a pojavljuju se i kod konstrukcije. Naime, Njemačka tvrtka Onyx-composites koristi konoplju za izradu bicikla. Na slici 18 prikazan je bicikl izrađen od vlakana konoplje [30].



Slika 18. Okvir bicikla od konoplje [34]

c) Curaua vlakna

Curaua je jedna od najperspektivnijih biljaka za proizvodnju vlakana čime sve više budi zanimanje znanstvenika. Vlakna imaju visoku čvrstoću u usporedbi s ostalim vlaknima te niske su cijene. Sastoje se od celuloze 73,6 % , hemiceluloze 9,9 % , holoceluloze 8,3 % , lignina 7,5 % , udio pepela 0,9 % i vlage 0.79 % . Nakon primjene curaua vlakna se razlažu spaljivanjem, ali mogu se i reciklirati što nije slučaj za staklena vlakna. Nemaju miris što im omogućava upotrebu za unutrašnjost vozila. Na slici 19 a) prikazana je površina curaua vlakna, a pod b) prikazana je površina pod većim povećanjem [32].



Slika 19 a) Curaua vlakna [35]

Slika 19 b) Povećana curaua vlakna [35]

2) Svojstva biljnih vlakana

Glavna tvar od koju sadrže biljna vlakna je celuloza. Celuloza je izgrađena od makromolekula koja moraju biti razmjerno dugačka, najmanje 100 nm. Važno svojstvo vlakana je finoća vlakana i teoretski to predstavlja mjeru za površinu poprečnog presjeka vlakana. Vlakno je tanje i finije što je površina poprečnog presjeka manja. S obzirom da je teško izmjeriti poprečni presjek, za mjeru se uzima duljinska masa (T_t). Poželjno je da vlakna po duljini imaju veliku čvrstoću na istezanje jer to uvjetuje konačnu čvrstoću proizvoda. Čvrstoća na istezanje ovisi o stupnju simetrije strukture i središnosti molekula. Najčvršća vlakna dobivamo kada su 50 % kristalična. Također, čvrstoća vlakana se može poboljšati procesom hladnog istezanja. Dolazi do ireverzibilne deformacije, fizikalno orijentirana morfologija je stabilna i zadržava se u konačnom obliku.

Još jedno važno svojstvo kod primjene vlakana je da moraju dobro prihvaćati bojila. Nakon primjene bojila ne smije doći do bitnije izmjene svojstava. Prirodna vlakna se međusobno razlikuju po mirisu, načinu i brzini gorenja te ostacima nakon gorenja [31]. Na tablici 3. prikazana su svojstva vlakana.

Tablica 3. Svojstva vlakana [30]

Vlakno	Vrsta vlakna	Gustoća, g/cm ³	Prekidna čvrstoća, MPa	Modul rasteznosti, GPa	Specifična čvrstoća, MPa/(g/cm ³)	Prekidno istezanje, %	Apsorpcija vlage, %	Cijena po kg, USD
Stakleno vlakno	mineral	2,50 – 2,55	1 800 – 3 500	70,0 – 73,0	700 – 1 400	2,5 – 3,0	0,0	1,30
Lan	lika	1,40 – 1,50	345 – 1 500	27,6 – 80,0	230 – 1 070	1,2 – 3,2	7,0	1,50
Konoplja	lika	1,48	550 – 900	70,0	370 – 610	1,60	8,0	0,6 – 1,8
Juta	lika	1,30 – 1,45	400 – 800	10,0 – 30,0	280 – 610	1,16 – 1,8	12,0	0,35
Agava	list	1,33 – 1,45	468 – 700	9,4 – 38,0	320 – 530	2,0 – 7,0	11,0	0,6 – 0,7
Curaua	list	1,40	500 – 1 150	11,8	360 – 820	3,7 – 4,3	n/a	0,60

3) Primjena vlakana

Kod vozila primjenjuju se uglavnom biljna vlakna. Najvećim dijelom koriste se kao zamjena za staklena vlakna zbog prikladnih svojstava te zbog otežane reciklaže staklenih vlakana. Stoga naglo raste primjena biljnih vlakana, čak 20 % godišnje. Pogodna su za izradu unutrašnjih dijelova vozila; unutrašnjih panela vrata, pregradnih polici i naslona, pokrova te unutrašnjih presvlaka. Intenzivno se radi na zamjeni neprirodnih materijala s kompozitima s biljnim vlaknima. Sve više se ulaže u istraživanja kako primjeniti kompozite ojačane lanenim vlaknima u eksterijeru automobila.

Tvrtka Lincoln u suradnji sa tvrtkama Weyerhaeuser i Johnson Controls razvila je vlakna na bazi drveta kao alternativa za staklena vlakna, koja su lakša i ekološki prihvatljivija, a počinju se koristiti od 2014. godine [36].

BMW Grupa koristi prirodna biljna vlakna za zvučnu izolaciju te za unutrašnje panele vrata [37]. Na slici 20 prikazana je primjena vlakana na modelu i3 za unutarnje panele vrata.

Tvrtka DaimlerCrysler primjenila je na modelu C-Class trideset različitih materijala ojačanih prirodnim vlaknima [38].

Njemačka tvrtka Onyx-Composites proizvela je bicikl uz primjenu vlakana konoplje. Bicikl se sastoji čak od 60 % vlakana konoplje [34].



Slika 20. Unutarnji panel vrata od vlakana [39]

D. Bambus

Bambus je opći naziv koji se primjenjuje za velike biljke iz porodice trava, koje mogu narasti od 10 cm do 40 m. Bambus ima šuplju drvenastu stabljiku koja je cilindričnog oblika te podijeljena na članke. Bambus je anizometričan materijal i ima visoku čvrstoću u smjeru vlakana, a nisku okomito na smjer vlakana. Postoji 1250 vrsta bambusa, većina njih brzo raste i dozrijevaju nakon pet godina. Bambus raste u Aziji, Americi i Africi. Nisu sve vrste bambusa prikladne za sve primjene [40].

- Primjena bambusa na vozilima

Svakodnevno bambus primjenjuje 2,5 milijardi ljudi, uglavnom za hranu i primjenom bambusovih vlakana. Potencijal primjene bambus je velik. Postoji više od 1500 komercijalnih primjena. Bambus je jako značajan materijal posebno u Aziji, a daljnim istaživanjem počinje se sve više primjenjivati i u Americi i Europi [40]. Osim za hranu može se primjenjivati kao bio-gorivo, građevini, izrada namještaja, parketa itd. Primjena kompozita ojačanih bambusovim vlaknima ima široku primjenu izrade između ostalog i u vozilima [41]. Mogu se izrađivati kola što je i prikazano na slici 21. U unutrašnjosti motornih vozila primjenjuje se za izradu upravljača, instrument ploče, unutarnjih panela vrata, namještaja kod karavan (kamper) vozila te za dekorativne svrhe. Također se koristi kod za izradu karoserije motornih vozila kao što je prikazano na slici 22. Koristi se također za izradu motocikla i bicikla [42]. Na slici 23 prikazana je upotreba bambusa u Africi za izradu „Bambulance“ ambulantnog vozila.



Slika 21. Kola izrađena od bambusa [43]



Slika 22. Primjena bambusa za karoseriju vozila [44]



Slika 23. Bambulance [45]

4. PRIMJENA BAMBUSA PRI IZRADI BIKIKLA

1) Povijest primjene

Prvi bicikl izumio je Carl Friedrich Drais zu Sauerbronn 1817. godine kao zamjenu za konja. Popularnost bicikla je naglo narasla tako da je 1894. godine počela prva proizvodnja bicikla s bambusovim okvirom u Europi. Na slici 24 prikazan reklamni letak. S vremenom su čelični i aluminijski okviri prevladali te su se bambusovi okviri zadržali pretežno u Aziji gdje su i danas popularni. Posljednjih par godina, povećanjem ekološke svijesti, istražuju i izrađuju se okviri od bambusa [47].



Slika 24. Reklamni letak iz 19. stoljeća [46]

2) Vrste konstrukcijskog bambusa

Postoji nekoliko vrsta bambusa koji su prikladni za izradu bicikla od bambusa. To su Madake bambus, Tonkin bambus, Moso bambus i crni bambus [40].

a) Madake bambus

Madake, latinski naziv *Phyllostachys bambusoides*, je veliki drvenasti bambus koji spada u rod *Phyllostachys*. Najčvršći je od svih drvenastih bambusa, pogodan je za konstrukcije jer podnosi snijeg, a otporan je do -15°C . Naraste između 15- 20 metara, promjer seže između 10-15 cm. Poznat je po brzom rastu, može rasti do 1 metar u danu. Raste u istočnoj Aziji, posebno u Japanu [48]. Na slici 25 prikazan je bicikl, izrađen od madake bambusa.



Slika 25. Bicikl izrađen od madake bambusa [49]

b) Tonkin bambus

Najkorišteniji bambus za konstruiranje zbog ravne stabljike s malim brojem čvorova i zbog visoke čvrstoće. Doseže visinu do 20 metara, a promjer do 7 cm. Postojan je do -12°C . Na slici 26 prikazan Tonkinov bambus.



Slika 26. Presjek tonkinovog bambusa [50]

c) Moso bambus

Phyllostachys edulis ili moso je bambus koji je naveći od drvenastih bambusa, doseže visine preko 20 metara. Promjer stabljike iznosi 10-18 cm, a postojan je na temperaturi do -18°C . Potječe iz Kine i Tajvana te se najviše koristio kao teksitilni materijal [48].

d) Crni bambus

Phyllostachys nigra ili crni bambus naraste do 10 metara dok je promjer do 6 cm. Zove se crni bambus jer ima vrlo atraktivne trske koje su na početku zelene, a nakon dvije do tri godine postanu crne. Listovi su tamnozeleni i dugi do 13 cm. Raste u Aziji, Americi i Africi [48]. Crni bambus prikazan na slici 27.



Slika 27. Crni bambus [51]

3) Svojstva konstrukcijskih bambusa

Bambus je anizometričan materijal koji se sastoji od puno vaskularnih snopova i ksilema. Ksilem je tkivo koje okružuje svaki vaskularni snop. Vaskularni snopovi se sastoje od vlakana čiji je promjer 10 – 20 μm . Kemijski konstituenti su celuloza 60%, lignin 32 % i hemiceluloza [53].

Ima dobru vlačnu čvrstoću i dobru žilavost. S povećanjem promjera povećava se i modul elastičnosti, a s povećanjem debljine stijenke povećavaju se mehanička svojstva kao što je čvrstoća. Mehanička svojstva također ovise o udaljenosti između čvorova. Najbolja mehanička svojstva imaju bambusi koji su ubrani u dobi 3-7 godina [52].

Bambus ima bolju specifičnu čvrstoću nego konstrukcijski čelici te ima dobro prigušenje vibracija. Porozan je materijal i osjetljiv je na vlagu i truljenje pa je potrebna prikladna obrada i zaštita. Nedostatak bambusa je nejednolikost svojstava koja ovise o uvjetima uzgoja, vremenu branja, poroznosti te o vlažnosti [54]. Na tablici 4 prikazana su svojstva konstrukcijskih bambusa.

Tablica 4. Svojstva konstrukcijskih bambusa [16]

Svojstva materijala	Iznos
Gustoća, ρ	600 - 800 [kg/m ³]
Temperatura taljenja, T_m	77 - 102 [°C]
Modul elastičnosti, E	15 - 20 [GPa]
Dopušteno naprezanje, σ_{dop}	35 - 44 [MPa]
Tlačna čvrstoća, σ_H	36 - 45 [MPa]
Lomna žilavost, K_{IC}	5 - 7 [MPa√m]
Otpornost na zapaljivost	Loša
Otpornost na vodu	Prosječna
Otpornost na slanu vodu	Prosječna
Otpornost na UV zračenje	Dobra
Otpornost na trošenje	Loša

4) Toplinska obrada

Za izradu okvira bicikla treba koristiti bambus koji je starosti 3-5 godina koji je prikupljen u jesen ili zimu te ga treba sušiti devedeset dana zatim toplinski obraditi plamenikom u svrhu isparavanja vlage što ima za posljedicu smanjenja mase, smanjenjem promjera te u svrhu ubijanja mikroorganizama za očuvanje bambusa [55]. Toplinskom obradom plamenikom se također povisuje tvrdoća i čvrstoća te se dobije specifičan izgled. Obrađuje se plamenikom nekoliko puta u trajanju od 3-10 minuta.

Može se po potrebi dodatno obraditi u autoklavi pri 150°C u trajanju do 1h uz sporo ohlađivanje, na slici 28 prikazana je obrada bambusa u autoklavu [49].



Slika 28. Autoklav [49]

5) Prednosti i nedostaci uporabe bambusa pri izradi bicikla

Bambus se pokazao kao čvrst i lagan materijal s odličnim svojstvima prigušenja vibracija. Potrebno je ulagati puno manje energije za proizvodnju jer je organskog podrijekla. Bambus raste samostalno i brzo (do 1 metar u danu) pa je jeftin izvor materijala. Upotreba bambusa ekološki i ekonomski je prihvatljivija od upotrebe čelika, aluminija ili ugljičnih vlakana [49].

Međutim, osjetljivost na vlagu i truljenje je velik problem. Ima nejednolika svojstva jer je prirodan materijal te svojstva ovise o mjestu rasta i vremenu sječe i načinu sušenja i obrade. Potrebno je uložiti velike količine ručnog rada. Također, treba naglasiti da još nisu dovoljno istražena mehanička svojstva bambusa [56].

5. ISPITIVANJE

1) Odabir uzorka

Ispitivani uzorak je moso bambus. Uzorak koji je ispitivan je uzorak vertikalno složenog bambusovog parketa koji je prikazan na slici 29.



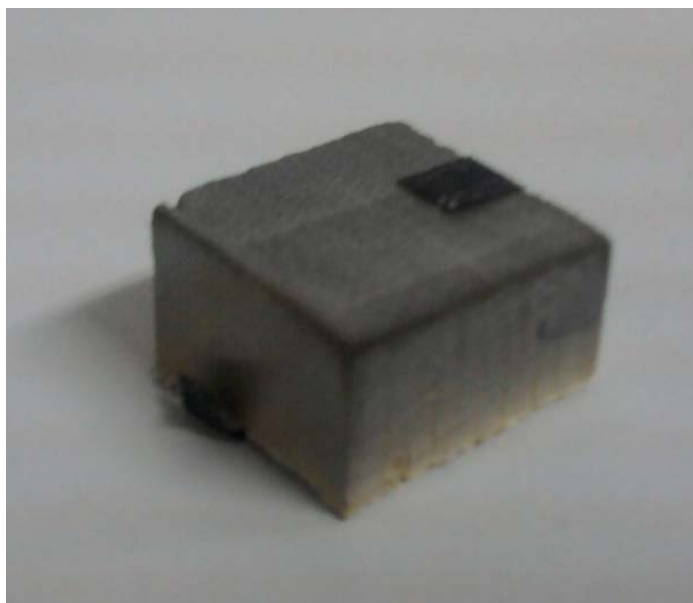
Slika 29. Moso bambusov parket

2) Priprema uzorka

Uzorak se izrezuje iz proizvoda ručnom pilom bez hlađenja na dimenzije 15x15x8 mm. Nakon izrezivanja uzorak se u uređaju EMITECH naparuje sa paladijem i zlatom u trajanju od 120 sekundi. S obzirom da je bambus organskog podrijekla i nije vodljiv materijal potrebno ga je napariti vodljivim materijalom kako bi se mogla proučavati njegova struktura. Uređaj EMITECH prikazan je na slici 30, a napareni uzorak je prikazan na slici 31.



Slika 30. EMITECH uređaj

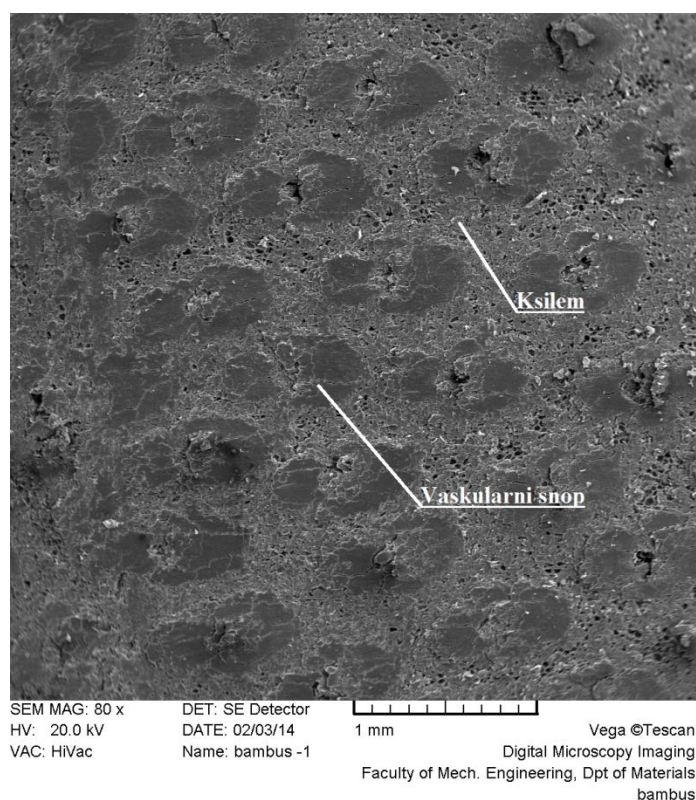


Slika 31. Napareni uzorak

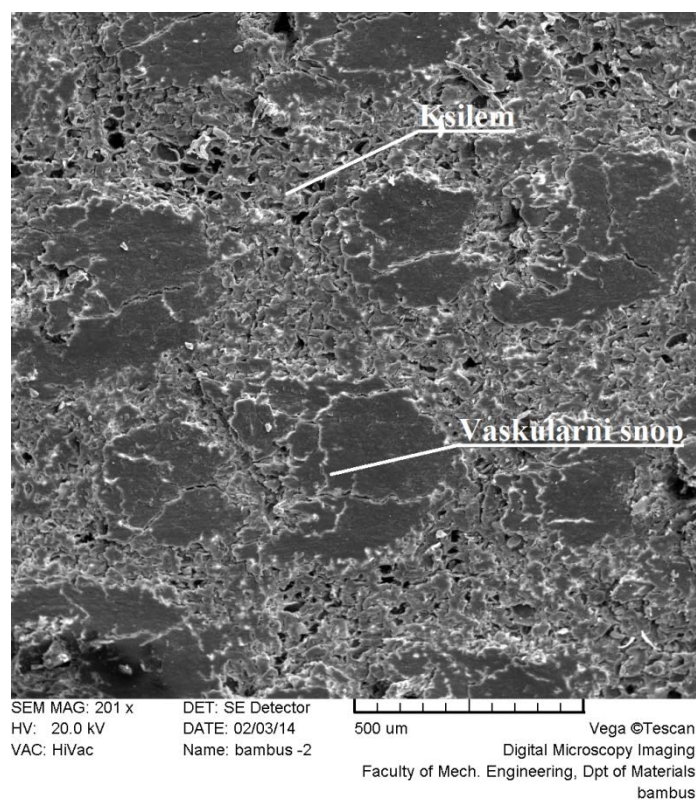
3) Ispitivanje uzorka

Uzorak se analizirao na SEM-u (eng. *Scanning electron microscope*) uređaju TESCAN VEGA 5136 MM.

Skening elektronski mikroskop radi pod vakuumom između 10^{-2} do 10^{-8} Pa. Pomoću sistema leća elektroni se usmjeravaju prema površini uzorka. Razlučivanje i dubina prodiranja ovise o materijalu uzorka, naponu i veličini spota (presjek snopa na mjestu dodira s uzorkom). Upadni elektroni vraćaju se kao primarno raspršeni prema natrag (eng. „*backscattered electrons*“) razlika u sastavu ili kao sekundarni elektroni koji se najviše koriste za topografije površina [57].



Slika 32. Presjek uzorka



Slika 33. Povećani presjek uzorka

Dobiveni rezultati prikazani na slikama 32 i 33. Iz prikazanih slika može se zaključiti da je prisutan nejednolik raspored vaskularnih snopova i poroznost u ksilemu. Raspored vaskularnih snopova i poroznost su karakteristične osobine bambusa koje imaju najveći utjecaj na mehanička svojstva. Također, vidljive su deformacije vaskularnih snopova i ksilema nastale uslijed prešanja.

6. ZAKLJUČAK

U današnjem svijetu susrećemo se s naglim rastom stanovništva. Potreba za korištenje prijevoznih sredstava iz dana u dan raste. Zbog ograničenih količina neobnovljivih izvora, kao što fosilna goriva i metalne rude, uporaba prirodnih, obnovljivih materijala nametnula se kao potencijalno rješenje. Primjena prirodnih materijala u vozilima pogodnija je iz tri aspekta:

- Ekonomskog aspekta
- Ekološkog aspekta
- Sociološkog aspekta

7. LITERATURA

- [1] <http://tehnicki-muzej.hr/hr/odjeli/promet,7.html>
- [2] <http://www.prometna-zona.com/cestovni.php>
- [3] <http://www.hr.boell.org/web/index-798.html>
- [4] <http://www.sf.bg.ac.rs/downloads/katedre/dgt/odtr/klasifikacija%20termini%20i%20definicije%20vozila.pdf>
- [5] http://sg.hu/forumkepek/2006_09/volvo-fh12xl.jpg
- [6] <http://earthfriendlymomma.com/bond-with-your-family-while-traveling-with-an-eco-friendly-rv/>
- [7] http://s2.pticica.com/foto/0000926134_1_0_5ehyt1.jpg
- [8] http://mtb-gf.c.blog.so-net.ne.jp/_images/blog/_63a/mtb-gf/2008_tarpon_o.jpg?c=a3
- [9] <http://visual.ly/materials-used-make-car-0>
- [10] <http://www.all-about-leather.co.uk/what-is-leather/facts-and-figures-about-leather.htm>
- [11] <http://www.alltrends.com.sg/images/carinterior.jpg>
- [12] <http://www.all-about-leather.co.uk/what-is-leather/where-does-leather-come-from.htm>
- [13] <http://www.all-about-leather.co.uk/what-is-leather/leather-types.htm>
- [14] Ward, A.G., The mechanical properties of leather, Rheologica acta, Leeds 1974, 621 do 622
- [15] <http://www.leathermag.com/features/featureageing-properties-of-automotive-leather/>
- [16] Cambridge University Engineering Department, Materials Data Book, 2003
- [17] <http://www.matbase.com/material-categories/natural-and-synthetic-polymers/thermosets/leather/material-properties-of-chrome-tanned-cow-leather.html#properties>
- [18] Filetin, T. Neki trendovi razvoja i primjene materijala, FSB, Zagreb
- [19] <http://hotnaijanews.com/wp-content/uploads/2012/08/woodencar3.jpg>

- [20] Gulubić, S., Tehnički materijali, VTŠ Bjelovar, 2012
- [21] <http://www.davidia-int.hr/odrvetu.html>
- [22] <http://www.mojaradionica.com/PDF%20materijal/Drvo/Drvo.pdf>
- [23] http://info.grad.hr!/res/gf_osoblje/1033378314/doc/300.svojstva_drva.pdf
- [24] http://www.siol.net/avtomoto/zanimivosti/zgodovina/2009/05/parna_kocija.aspx
- [25] <http://www.myrtleltd.com/>
- [26] <http://www.edmontonjournal.com/technology/Unique+biocomposites+plant+Drayton+Valley+tur ns+wood+waste+into+auto+parts/9417952/story.html>
- [27] <http://www.crookedbrains.net/2008/03/vehicles-made-of-wood.html>
- [28] <http://www.startbih.info/Novost.aspx?novostid=8396>
- [29] <http://depo.ba/auto-dom/luksuzna-laika-uskoro-dolazi-i-na-bh-trziste>
- [30] Milardović, G. , Kompoziti u automobilske industriji, Polimeri, Zagreb 2014, 3-4, 139 do 142
- [31] Andričić, B., Prirodni polimerni materijali, Udžbenici sveučilišta u Splitu, Split 2009.
- [32] http://speautomotive.com/SPEA_CD/SPEA2008/pdf/c/BNF-04.pdf
- [33] http://www.oznake-tekstila.si/index.php?option=com_content&view=article&id=35&Itemid=31
- [34] <http://www.bikemyday.com/2013/11/27/cvrst-kao-celik-bicikl-od-konoplje/>
- [35] Neves Monteiro, Duarte Lopes, Oliveira Nascimento, Silva Ferreira, Gundappa Satyanarayana, Processing and properties of continuous and aligned curaua fibers incorporated polyester composites, JMR&T, vol. 02 broj 01 siječanj 2013,
- [36] <http://www.prnewswire.com/news-releases/2014-lincoln-mkx-introduces-tree-based-alternative-to-fiberglass-for-interior-parts-236708941.html>
- [37] http://www.bmwgroup.com/publikationen/e/2009/pdf/2009_Vehicle_Recycling_Focusing_on_Sustainability.pdf

- [38] <http://www.bloomberg.com/news/2014-01-26/wood-car-takes-automakers-back-to-future-in-mileage-quest.html>
- [39] http://evworld.com/press/bmw_i3_hempdoorpanel480x320.jpg
- [40] Scurlock J.M.O, Dayton D.C, Hames B, Bamboo: an overlooked biomass resource?, Biomass and Bioenergy 2000, 19, 229 do 244
- [41] Khalil A, Bhat I.U.H, Jawaid M, Zaidon A, Hermawan D, Hadi Y.S, Bamboo fibre reinforced biocomposites: A review, Materials and Design 2012, 42, 353 do 369
- [42] Vittouris A, Richardson M, Designing Vehicles for Natural Production: Growing a Velomobile from Bamboo, Academia.edu, 2011, 1 do 21
- [43] <http://www.d-talks.com/wp-content/uploads/2011/09/Bamboo-Utility-vehicle-by-Robert-Hagenstrom-Sustain-exhibition-at-the-Royal-College-of-Art-Photo%C2%A9-Robert-Hagenstrom.jpg>
- [44] <http://autochunk.com/6218/2012/12/13/this-car-is-all-bamboo-on-wheels-except-engine-and-tires/>
- [45] <http://www.bambulance.org/>
- [46] <http://www.historywebsite.co.uk/Museum/Transport/bicycles/Bamboo.htm>
- [47] Van der Plas R, Baird S, Bicycle Technology, Cycle publishing, San Francisco 2010
- [48] <http://www.bamboogarden.com/>
- [49] Frandeen B, Madake Bambusero, San Luis ožujak 2012
- [50] <http://www.bamboobroker.com/products.html>
- [51] <http://www.bamboogarden.com/Phyllostachys%20nigra.htm>
- [52] <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-08212000-10440027/unrestricted/Chapter4.pdf>
- [53] Okubo K, Fujii T, Yamamoti Y, Development of bamboo-based polymer composites and their mechanical properties, Science Direct A 35 2004, 377 do 383
- [54] Naik NK, Mechanical and Physico-Chemical Properties of Bamboos, Aerospace Engineering Department, Indian Institute of Technology, Bombay

[55] Schott W, Bamboo in the Laboratory, 2006

[56] <http://www.theguardian.com/environment/2009/jun/22/bamboo-bike>

[57] <http://www.phy.pmf.unizg.hr/~atonejc/3-3%20Povrsinske%20metode.pdf>